



EDELL SHAPIRO & FINNAN, LLC.  
1901 Research Boulevard  
Suite 400  
Rockville, Maryland 20850-3164  
(301) 424-3640

In re the PATENT application of

Christoph Nölscher

Serial No.: 10/743,105

Filed: December 23, 2003

For: Method for Forming a Structure Element on a Wafer by  
Means of a Mask and a Trimming Mask Assigned Hereto

TRANSMITTAL LETTER

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Transmitted herewith is a Certified Copy of the Priority Document (German Patent  
Application No. 10260755.9 filed December 23, 2002).

The Commissioner is hereby authorized to charge payment of any additional fees required for  
the above-identified application or credit any overpayment to Deposit Account No. 05-0460.

Respectfully submitted,

A handwritten signature in black ink, appearing to read "H Morin", written over a horizontal line.

Heather Morin  
Registration No. 37,336

EDELL, SHAPIRO & FINNAN, LLC.  
1901 Research Boulevard, Suite 400  
Rockville, Maryland 20850-3164  
(301) 424-3640

Hand-delivered: Feb 17, 2004

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 60 755.9

**Anmeldetag:** 23. Dezember 2002

**Anmelder/Inhaber:** Infineon Technologies AG, München/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zur Bildung eines Strukturelementes auf einem Wafer mittels einer Maske und einer ihr zugeordneten Trim-Maske

**IPC:** G 03 F 7/20

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 16. Dezember 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Agurks

## Beschreibung

Verfahren zur Bildung eines Strukturelementes auf einem Wafer mittels einer Maske und einer ihr zugeordneten Trim-Maske

5

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bildung eines Strukturelementes in einer auf einem Wafer angeordneten Schicht mittels einer ersten Maske und einer der ersten Maske zugeordneten zweiten Trim-Maske.

10

In der Halbleiterfertigung können zur Erzielung besonders geringer Strukturgrößen beispielsweise auf Halbleiterwafern für nur eine Schichtebene mehrere Masken bei aufeinanderfolgenden Belichtungen eingesetzt werden. Üblicherweise wird dabei das auf dem Wafer zu bildende Strukturmuster umfassend eine Vielzahl von Strukturelementen mittels einer ersten Maske in eine photoempfindliche Schicht auf dem Halbleiterwafer projiziert.

15

Eine besonders hohe Auflösung wird erzielt, wenn Masken mit verbesserten Lithographietechniken (Litho-Enhancement-Techniques) eingesetzt werden. Dies können insbesondere Phasenmasken verschiedenen Typs sein, wie etwa alternierende Phasenmasken, Halbtonphasenmasken, Triton-Phasenmasken, chromlosen Phasenmasken, etc. Es kann sich bei den genannten Techniken aber auch um solche handeln, durch welche die Abbildungseigenschaften bei der Projektion von Maskenstrukturen verbessert werden, etwa OPC (Optical Proximity Correction). Die Verwendung konventioneller COG (Chrome on Glass)-Masken ist selbstverständlich auch vorgesehen.

20

30

Eine zweite, auch Trim-Maske genannte Maske wird eingesetzt, um die in dem photoempfindlichen Lack auf dem Wafer durch die erste Maske belichteten Strukturen nachzubearbeiten, d.h. zu "trimmen". Die Projektion bzw. Belichtung erfolgt dabei teils in die bereits durch die erste Maske belichteten Bereiche in dem photoempfindlichen Lack, teils aber auch in von der ersten Maske abgeschattete Bereichen in dem Lack.

35

Ein besonderer Vorteil entsteht dadurch, daß die bei der Projektion durch Phasenmasken entstehenden Nebeneffekte in dem Lack beseitigt werden können. Wie beispielsweise in der Druckschrift US 6,466,373 beschrieben ist, können mittels der zweiten Trim-Maske die an Phasensprüngen von chromlosen Phasenmasken entstehenden Abschattungen in dem Lack nachbelichtet werden, soweit diese an bestimmten Positionen auf dem Wafer unerwünscht sind. Chromlose Phasenmasken besitzen nämlich den Nachteil, daß die mit einem Phasenhub versehenen Gebiete auf der Maske einen Randbereich mit einem Phasensprung besitzen, welcher eine geschlossene Linie darstellt. Infolgedessen können nicht beliebige Strukturen, insbesondere isoliert endende Linien beliebig in dem Lack gebildet werden. Durch eine Nachbelichtung können diese notwendigerweise geschlossenen Linien auf dem Wafer durch geeignet positionierte Strukturmuster auf der Trim-Maske wieder getrennt werden.

Ein weiteres Beispiel stellen alternierende Phasenmasken dar. Mit ihnen können besonders dicht gepackte parallele Linien in einer Schicht auf einem Wafer gebildet werden. Auf der Maske werden dabei in den Zwischenräumen zwischen lichtabschattenden Linien abwechselnd transparente Bereiche mit einem ersten und einem zweiten Phasenhub ausgebildet. Die Werte für den jeweiligen Phasenhub unterscheiden sich typischerweise um  $180^\circ$ , sind aber nicht auf diesen exakten Wert beschränkt. Dort wo die lichtabschattenden Linien auf der Maske enden, entsteht das Problem, daß die beiden transparenten Bereiche unterschiedlichen Phasenhubs aufeinandertreffen, so daß der in diesem Bereich hervorgerufene Phasensprung zu einer unerwünschten Abschattung des Lackes auf dem Wafer bei einer Belichtung führt. Auch hier werden Trim-Masken zur Behebung des Problems eingesetzt.

Die zweiten, als Trim-Masken eingesetzten Masken eines solchen Satzes ermöglichen die Verwendung eines besonders hochauflösenden Maskentyps als erste Maske, ohne selbst diesen

Anforderungen unterworfen zu sein. Insbesondere können als Trim-Masken kostensparend konventionelle Masken verwendet werden, die unter Umständen sogar mit Maskenschreibern älteren Typs belichtet werden. In den oben genannten Fällen ist es ihre Aufgabe eher großflächig unerwünschte Strukturen in einem Lack nachzubelichten, wobei die Anforderungen an die Auflösung relativ gering sind.

Ein Nachteil entsteht hingegen dadurch, daß bei einer gewünschten Trimmung beispielsweise von mittels alternierender Phasenmasken gebildeter langer Linien auf einem Wafer die durch die erste Maske belichteten Bereiche in dem Lack einen Rand besitzen, an welchem die Strahlungsdosis nicht sprunghaft abfällt. Das bedeutet, daß Lackelemente auch außerhalb der eigentlich zu belichteten Bereiche eine wenn auch geringe Strahlungsdosis empfangen haben. Bei einer Nachbelichtung wird durch die Trim-Maske deren empfangene Strahlungsdosis an einer gegebenen Position in dem Lack erhöht. Die belichteten Bereiche weiten sich daher in dem Lack bei einer Trim-Maskenbelichtung unerwünscht auf. Bei dichtester Packung engstehender Linien auf der ersten Maske ist es dann nicht mehr möglich ist, genau eine Linie aus einer Vielzahl von eng aneinanderstehenden Linien zu trennen. Vielmehr können nur Doppellinien gemeinsam getrennt werden.

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Packungsdichte von Strukturen, insbesondere Linien, die mittels der aktuellen Photolithographie erreicht werden kann, noch weiter zu erhöhen. Alternativ ist es eine Aufgabe der Erfindung, die Verwendung noch preiswerter Belichtungsgeräte mit geringer Auflösung bei einer gegebenen Packungsdichte von Linien und/oder Strukturen zu ermöglichen. Es ist insbesondere eine Aufgabe, die Qualität eines Trim-Maskenbelichtungsprozesses zu erhöhen.

Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zur Bildung eines Strukturelementes in einer auf einem Wafer angeordneten

Schicht mittels einer ersten Maske und einer der ersten Maske zugeordneten zweiten Trim-Maske, umfassend die Schritte: Bereitstellen des Wafers mit der Schicht, der ersten Maske und der zweiten Trim-Maske, Aufbringen einer ersten photoempfindlichen Lackschicht auf die Schicht, Projizieren eines auf der ersten Maske angeordneten ersten Maskenstrukturmodells in die erste Lackschicht zur Bildung einer belichteten Lackstruktur, welche ein unbelichtetes Lackelement zumindest teilweise umgibt, Entwickeln der ersten Lackschicht und Ätzen der unterliegenden Schicht mit einer Übertragung der belichteten Lackstruktur in die unterliegende Schicht, so daß ein erhabenes Strukturelement in der Schicht gebildet wird, Entfernen der ersten Lackschicht und Aufbringen einer zweiten photoempfindlichen Lackschicht auf die Schicht, Projizieren eines auf der zweiten Trim-Maske angeordneten zweiten Maskenstrukturmodells in die zweite Lackschicht zur Bildung einer weiteren belichteten Lackstruktur in der zweiten Lackschicht, welche das erhabene Strukturelement in der unterliegenden Schicht zumindest teilweise überdeckt, Entwickeln der zweiten Lackschicht und Ätzen der unterliegenden Schicht mit einer Übertragung der weiteren belichteten Lackstruktur in die unterliegende Schicht und das erhabene Strukturelement.

Bei einer Trim-Maskenbelichtung wird die unerwünschte Aufweitung des durch die zweite Trim-Maske belichteten Bereiches vermieden, indem die von der ersten Trim-Maske belichtete Lackstruktur entwickelt, geätzt und in die unterliegende Schicht übertragen wird. Der erste Lack wird entfernt und durch einen neuen Lack ersetzt. In diesem neuen Lack wird die Projektion des Strukturmodells der zweiten Trim-Maske durchgeführt. Die von der Trim-Maske belichteten Lackstrukturen weisen aufgrund des neuerlich aufgetragenen zweiten Lackes keine Vorbelichtung aufgrund der ersten Maske auf. Das Strukturmodell der Trim-Maske wird daher maßhaltig in den Lack, und nach dem zugehörigen Entwicklungs- und Ätzschritt in die bereits durch die erste Maskenstruktur strukturierte Schicht übertragen.

Nur dort, wo durch die intransparenten Bereiche der ersten Maske Teile der Schicht stehengelassen wurden, wird durch die Nachbelichtung mit der anschließenden Übertragung in die Schicht das entsprechende Schichtmaterial abgetragen.

Im Unterschied zur konventionellen Trim-Maskenbelichtung wird hier also nicht die durch die erste Maske belichtete Lackstruktur nachbearbeitet, d.h. nachbelichtet, sondern es wird das durch die Belichtung mit der ersten Maske mittelbar bewirkte Strukturelement in der Schicht nachbearbeitet.

Das Verfahren ähnelt zwei aufeinanderfolgenden lithographischen Schritten unter Verwendung eines konventionellen Maskensatzes zur Bildung eines mehrere übereinandergestapelte Ebenen umfassenden Schichtaufbaus. Der wesentliche Unterschied besteht jedoch darin, daß beim erfindungsgemäßen Trim-Maskenprozeß ein und dieselbe Schichtebene strukturiert wird, wobei die Maskenstrukturanordnungen jeweils aufeinanderabgestimmt sind. Kennzeichnend ist, daß das von der Trim-Maske nachbelichtete Strukturelement zumindest ein Teil der Grundfläche des mittels der ersten Maske strukturierten Strukturelementes auf dem Wafer umfaßt. Linien können auf diese Weise durch die zweite Trim-Maske getrennt werden.

Unter der Berücksichtigung von lithographischen Vorhalten stellt die überlagerte, transparente Struktur der ersten Maske und der zweiten Trim-Maske das Original einer auf einem Wafer zu erzielenden Strukturebene, etwa einer Schaltungsebene dar.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist für Maskentypen beliebiger Art durchführbar. Für die erste Maske kommen insbesondere Phasenmasken in Betracht. Es ist nicht ausgeschlossen, daß das Verfahren vorteilhaft auch für EUV-(Extreme Ultraviolett)- bzw. Röntgenmasken in Reflexionstechnik oder auch für sog.

Stencilmasken einsetzbar ist. Entsprechende Verfahren sind von der vorliegenden Erfindung eingeschlossen.

5 Gemäß einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung wird als erste Maske eine Chrom- oder Halbtonphasenmaske angesetzt, wobei der Schritt des Projizierens in Schrägbelichtung durchgeführt wird.

10 Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft die Kombination des Trim-Maskenprozesses zur Nachbearbeitung der durch die erste Maske gebildeten Strukturelemente mit der Bildung weiterer Strukturelemente in weiteren Schichten auf dem Wafer. Dies wird möglich, indem zwischen dem Entfernen der ersten Lackschicht und dem neuen Aufbringen zur Durchfüh-  
15 rung der zweiten Projektion weitere Zwischenschichten abge-  
schieden werden. Durch weitere geeignete Bearbeitungsschritte können die bereits durch die erste Maske gebildeten Strukt-  
relemente wieder geöffnet werden. Auch kann die nachträglich aufgebraachte zweite Schicht für eine nachfolgende Strukturie-  
20 rung vorbereitet werden.

Mit einer derart vorbereiteten Oberfläche kann der anschlie-  
ßend aufgebraachte zweite photoempfindliche Lack oberhalb der  
5 durch die erste Maske gebildeten Strukturelemente im Rahmen des Trim-Maskenprozesses belichtet werden. Zeitlich parallel dazu wird es möglich über den Bereichen der noch nicht geöff-  
neten zweiten Schicht Lackstrukturen zur Bildung der weiteren  
Strukturelemente in der zweiten Schicht zu belichten.

30 Der besondere Vorteil dieses Aspektes der Erfindung entsteht dadurch, daß die Trim-Maske und die Maske, welche eine nach-  
folgende Strukturierung einer weiteren Ebene beinhaltet, in einer Maske zusammengefaßt sind. Es wird somit in dem für den  
gesamten Schichtaufbau notwendigen Maskensatz ein Maskenbe-  
35 lichtungsschritt und/oder eine Maske eingespärt.

Die Erfindung soll nun anhand eines Ausführungsbeispiels mit Hilfe einer Zeichnung näher erläutert werden. Darin zeigen:

Figur 1 ein Ausführungsbeispiel gemäß dem Stand der Technik mit einem Ausschnitt eines Maskenstrukturmusters einer alternierenden Phasenmaske (a), dem diesen zugeordneten Ausschnitt einer Trim-Maske (b), sowie die in einer herkömmlichen Trim-Maskenbelichtungen gebildeten Strukturelemente auf einem Wafer (c),

Figur 2 ein Ausführungsbeispiel gemäß der vorliegenden Erfindung mit dem in Figur 1 gezeigten Maskenpaar (a, c), mit den auf einem Wafer gebildeten Strukturelementen nach einem ersten Entwicklungs- und Ätzprozeß (b), und nach einem zweiten Entwicklungs- und Ätzprozeß (d),

Figur 3 ein Beispiel der Problematik einer Trennung von dicht gepackten Linien, welche durch eine alternierende Phasenmaske (a) und eine Trim-Maske (b) auf einem Wafer (c) zu bilden sind,

Figur 4 eine Abfolge von Prozessschritten einer Trim-Maskenbelichtung gemäß dem Stand der Technik,

Figur 5 eine beispielhafte Prozeßabfolge einer erfindungsgemäßen Trim-Maskenbelichtung zur Trennung der in Figur 3 gezeigten Leiterbahn,

Figur 6 eine weitere beispielhafte Prozeßabfolge der erfindungsgemäßen Trim-Maskenbelichtung,

Figur 7 eine Abwandlung der in Figur 6 gezeigten weiteren Prozeßabfolge einer erfindungsgemäßen Trim-Maskenbelichtung.

Ein Paar von Masken mit einer ersten und einer zweiten Trim-Maske sowie das unter Verwendung der beiden Masken erzielte Ergebnis bei Durchführung einer herkömmlichen Trim-Maskenbelichtung ist in Figur 1 dargestellt. Figur 1a zeigt einen Ausschnitt aus einem Strukturmuster, welches auf einer ersten, alternierenden Phasenmaske 10 gebildet ist. In dem Ausschnitt sind unkritische, intransparente Chromstege 11 sowie kritische Chromstege 12 zu sehen. "Kritisch" bedeutet, daß die Breite der Stege bzw. Linien nur geringfügig größer als die mit einem zu verwendenden Projektionssystem auf einem Halbleiterwafer erreichbare Auflösungsgrenze ist.

Wie in Figur 3a dargestellt ist, werden durch alternierende Phasenmasken besonders hohe Auflösungen für aus Chromstegen 12 zu bildende Strukturelemente erzielt, wenn die sie umgebenden transparenten Bereiche mit einem alternierenden Phasenhub versehen sind, welche eine gegenseitige Phasendifferenz von vorzugsweise  $180^\circ$  aufweisen. Im unteren Teil von Figur 1a ist zu sehen, daß wenn diese Chromstege 12 ein isoliertes Ende besitzen, solche transparente erste Bereiche 13 eines ersten Phasenhubs mit zweiten transparenten Bereichen 14 umfassend einen zweiten Phasenhub aneinandergrenzen. An dieser Grenze liegt ein Phasensprung in Höhe der Phasendifferenz von beispielweise  $180^\circ$  vor.

Figur 1b zeigt eine zweite Trim-Maske 20 mit einer Struktur-anordnung an einer Position auf der Maske 20, welche derjenigen der in Figur 1a gezeigten Position der alternierenden Phasenmaske 10 entspricht. Trim-Maskenöffnungen 21 sind in einer sie umgebenden Chromschicht 22 gebildet, deren Positionen mit derjenigen der Phasensprünge 15 der alternierenden Phasenmaske 10 korrespondieren.

Eine Trim-Maskenbelichtung wird durchgeführt, indem auf einen Wafer 30 eine Schicht 40, in welcher Strukturelemente 41 zu bilden sind, abgeschieden und mit einer ersten photoempfindlichen Schicht belackt wird. Danach wird bei der herkömmli-

chen Trim-Maskenbelichtung das auf der alternierenden Phasenmaske 10 vorhandene Strukturmuster in die photoempfindliche Schicht projiziert, unmittelbar gefolgt von einer zweiten Projektion der auf der Trim-Maske 20 gebildeten Strukturanordnung. Die auf dem Wafer 30 gebildeten Strukturelemente 40 sind in Figur 1c zu sehen.

Figur 2 zeigt für das in Figur 1 dargestellte Trim-Maskenpaar (Figur 2a, c) ein Resultat von Strukturelementen 41, die auf einem Wafer 30 gebildet werden, wenn das erfindungsgemäße Verfahren einer Trim-Maskenbelichtung durchgeführt wird. Dazu wird nach der Projektion der Strukturanordnung von der alternierenden Phasenmaske 10 ein Entwicklungs-, Ätz- und Lackentfernungsschritt durchgeführt, so daß die in Figur 2b gezeigte Strukturierung der aufgetragenen Schicht 40 auf einer Waferoberfläche 31 erreicht wird. Die in der Schicht 40 gebildeten Strukturelemente 42 umfassen dabei auch durch die Phasensprünge 15 abgeschattete Bereiche in der ersten photoempfindlichen Schicht.

Nach Aufbringen eines zweiten photoempfindlichen Lackes, der Projektion des auf der Trim-Maske 20 angeordneten Strukturmusters in den Lack, einem weiteren Entwicklungs-, Ätz- und Lackentfernungsschritt entsteht die in Figur 2d gezeigte Strukturierung.

Während der in den Figuren 1 und 2 dargestellte Unterschied des erfindungsgemäßen Trim-Maskenbelichtungsprozesses zu dem herkömmlichen Prozeß eher illustrativer Natur ist, wird der Vorteil der vorliegenden Erfindung besonders deutlich an dem beispielsweise in Figur 3 dargestellten Problem. Wird die in Figur 3b dargestellte Trim-Maske 20 umfassend eine Trim-Maskenöffnung 21 in einer opaken Umgebung verwendet, um eine der Linien 12 auf der alternierenden Phasenmaske 10 zu trennen, die in Figur 3a dargestellt ist, so entsteht die in Figur 3c dargestellte Linienstruktur auf einem Wafer 30.

Es ist zu erkennen, daß auch bei einer Dimensionierung der Trim-Maskenöffnung in der Größenordnung der Breite der Linien 12 dennoch eine Aufweitung des belichteten Bereiches auf dem Wafer 30 führt, so daß nicht nur eine, sondern mehrere Linien  
5 getrennt bzw. beeinträchtigt werden. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wird eine COG-Maske als zweite Trim-Maske 20 verwendet.

Das Problem bei der herkömmlichen Trim-Maskenbelichtung wird  
10 durch das in Figur 4 gezeigte Querschnittsprofil entlang einer Linie A-A, wie sie in Figur 3c angedeutet ist, illustriert. Es sollen Metalleiterbahnen 41 als Strukturelemente beispielsweise aus Wolfram-Silizid erhaben oberhalb einer Oxidschicht 31 auf dem Wafer 30 gebildet werden. Es handelt  
15 sich dabei um Leiterbahnen 41 mit besonders kritischer Breite, wie sie etwa im Falle von Wort- oder Bitleitungen in einem Speicherzellenfeld vorliegen.

Das Strukturmuster einer alternierenden Phasenmaske 10 wird  
20 in einer auf der Metallschicht 40 aufgetragenen Lack 50 zur Bildung von belichteten Lackstrukturen projiziert. Die opaken Maskenstrukturen 12 entsprechen den Positionen der Leiterbahnen 41 ohne Berücksichtigung der durchzuführenden Trennung. Die Trennung soll mittels einer Trim-Maske 20 an der mittleren der Leiterbahnen, die in Figur 4 im Querschnitt dargestellt sind, durchgeführt werden.

Die belichteten Lackstrukturen 51 in dem Lack 50 grenzen an  
30 gepunktet dargestellter Bereiche in dem Lack 50, deren empfangene Strahlungsdosis nicht ausreicht, um nach einer Entwicklung strukturbildend zu wirken. Allerdings sind die gepunktet dargestellten Bereiche anbelichtet (Figur 4a), so daß in einem nachfolgend durchgeführten Belichtungsprozeß empfangene Strahlung einen Schwellwert überschreiten kann, wodurch  
35 die strukturbildende Eigenschaft in den gepunktet dargestellten Bereichen dennoch eintreten kann.

Durch die in Figur 4b dargestellte Belichtung mit der Trim-Maske 20 tritt genau dieser Effekt ein. Obwohl auch hier nur abgeschwächte Lichtbeiträge innerhalb der durch die Maske 20 abgeschatteten Lackstrukturen geleistet werden, tritt in Summe eine Aufweitung der belichteten Lackstrukturen auf.

Bei der anschließend durchgeführten Entwicklung und Ätzung (Figur 4c) entstehen dadurch in ihrer Breite verringerte unbelichtete Lackelemente 52. Deren Übertragung in Strukturelemente 41 in der Metallschicht 40 führt damit zu unkontrollierbar dünnen oder sogar zerstörten Metalleiterbahnen oberhalb der Oxidschicht 31. Die Weite 100 des durch die Trim-Maske 20 aufgetrennten Bereiches ist daher zu groß, als daß einzelne Linien getrennt werden könnten. Hier kann beispielsweise die vorliegende Erfindung vorteilhaft eingesetzt werden.

Figur 5 zeigt ein Ausführungsbeispiel, mit welchem das in Figur 3 gezeigte Problem gelöst wird. Die in Figur 5a gezeigte Belichtung des ersten photoempfindlichen Lackes 50 mit der alternierenden Phasenmaske 10 entspricht derjenigen des klassischen Trim-Maskenprozesses. Eine Aufweitung der belichteten Lackstrukturen in die gepunktet dargestellten, anbelichteten Bereiche wird dadurch vorgebeugt, daß vor einer Durchbelichtung über deren Schwellwert hinaus ein Entwicklungsschritt (Figur 5b) durchgeführt wird, so daß in einem nachfolgenden Ätzschritt (Figur 5c) die Linienbreiten der Leiterbahnen 12 zunächst in die Schicht 40 übertragen und konserviert werden.

Für die Trim-Maskenbelichtung (Figur 5d) wird nach Entfernen der alten Lackreste des ersten photoempfindlichen Lackes 50 ein neuer, zweiter photoempfindlicher Lack 60 aufgetragen und belichtet. Der folgende Entwicklungs- (Figur 5e) und Ätzschritt (Figur 5f) führen nun nicht zu einer Aufweitung der belichteten Lackstrukturen bzw. einer Einengung der bisher unbelichteten Lackelemente.

Mit unbelichteten Lackelementen werden hier auch die nur anbelichteten, d.h. mit einer Strahlungsdosis unterhalb des Schwellwertes für die Strukturbildung versehene Lackbereiche bezeichnet.

5

Die Weite 101 der durch die Trim-Maske 20 gewirkten Trennung der Linien wird dadurch erheblich reduziert. Eine Trennung einzelner Leiterbahnen wird dadurch möglich.

- 10 Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung ist mit einem Ausführungsbeispiel in Figur 6 dargestellt. Die Schritte zur Projektion der auf der ersten Maske 10 angeordneten Strukturen (Figur 6a), der ersten Entwicklung (Figur 6b), des Ätzens und des Lackentfernens (Figur 6c) entsprechen dem vorigen
- 15 Ausführungsbeispiel. Es wird nun jedoch auf den gebildeten Strukturelementen bzw. Metalleiterbahnen 41 eine Zwischenisolatorschicht 70 abgeschieden. Ein zusätzlicher, photoempfindlicher Lack 68 wird aufgebracht und mit Strukturen einer Maske 120 belichtet, wobei die Maske zur Bildung von Kontaktlöchern zwischen zwei Metallisierungsebenen dient. Die untere Metallisierungsebene entspricht den gerade strukturierten
- 20 Leiterbahnen 41 (Figur 6d).

Die Öffnungen 21 in der nun auch als Kontaktlochmaske verwendeten Trim-Maske 20 können vorzugsweise größer als jene Öffnungen der Kontaktlochebene gewählt werden. Somit ist eine Trim-Maske mit einem preiswerten Gerät etwa einer früheren Technologiegeneration herstellbar.

- 30 Die Isolatorätzung sowie die Ätzung zur Trennung der Leiterbahnen 41 (Metallätzung) können mit preiswerten Naßätzschritten durchgeführt werden. Evtl. freiliegendes Metall benachbarter Leiterbahnen wird beispielsweise mit Wasserstoffperoxid nachoxidiert. Anschließend (Figur 6f) wird eine Metallschicht 90 abgeschieden und mit einer weiteren Maske 120 zur
- 35 Bildung einer oberen Metallisierungsebene mit weiteren Leiterbahnen strukturiert. Dazu kann eine weitere Maske 120 mit

Öffnungen 22 eingesetzt werden, die entsprechende Bereiche in einem weiteren photoempfindlichen Lack 68 belichtet, wie in den weiteren Schritten der Figur 6f - h dargestellt ist.

- 5 Kennzeichnend ist, daß bei dieser Variante die Trim-Maske mit ihren Trim-Maskenöffnungen 21 mit der Maske zur Bildung der Kontaktlöcher mit Kontaktlochöffnungen kombiniert wird, d.h. identisch ist.
- 10 Eine weitere Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens ist in Figur 7 dargestellt. Auch bei diesem wird zwischen der Projektion mit der ersten Maske 10 sowie derjenigen der Trim-Maske 20 wenigstens ein weiterer Prozeßschritt zur Bildung anderer Schichten durchgeführt. Auch hier in diesem Beispiel
- 15 wird eine Zwischenisolatorschicht eingefügt und ähnlich, wie in Figur 6d gezeigt, strukturiert.

Im Unterschied zu Figur 6e wird jedoch gemäß Figur 7a nur die Zwischenisolatorschicht unterhalb der Öffnung 21 entfernt.

- 20 Die in Figur 6d gezeigte Maske 20 ist gemäß dieser Variante also nicht die Trim-Maske im engeren Sinn, damit ihr nicht die Metalleiterbahn 41 getrennt wird. Vielmehr wird, wie in Figur 7b gezeigt ist, eine Metallisierung, beispielsweise mit Aluminium durchgeführt. In der folgenden Lithographie zur Strukturierung der Metallebene wird nun die Trim-Maske 20 mit
- 5 der Maske zur Bildung der Metallisierungsebene kombiniert. Auf dieser Maske befinden sich nun die Trim-Maskenöffnungen 21 zusammen mit den Strukturen für die Bildung der Leiterbahnen dieser oberen Metallisierungsebene. Die Belichtung des
- 30 aufgetragenen zweiten photoempfindlichen Lackes 60 mit der anschließenden Entwicklung und Ätzung führt zur Entfernung der Metallisierung oberhalb der Leiterbahnen 41 sowie zur Entfernung der Leiterbahnen 41 selbst unterhalb der Öffnungen 21, so daß die Leiterbahn 41 zusammen mit der Strukturierung
- 35 der oberen Metallisierungsebene getrennt werden. Auf vorteilhafte Weise wird dadurch sowohl die Herstellung einer Maske

als auch ein separater Lithographie-, Entwicklungs- und Ätzschritt mit anschließender Lackentfernung eingespart.

- 5 In einem weiteren Anwendungsbeispiel kann als Variante der Lithographieschritt betreffend die erste Maske 10 zur Strukturierung einer Gateebene durchgeführt werden anstatt der Metallisierungsebene, wie sie in den bisherigen Ausführungsbeispielen gezeigt wurde. Als Zwischenisolatorschicht kommt hier eine Schicht umfassend Siliziumnitrid ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) in Betracht.
- 10 Mit der vorliegenden Erfindung kann das Design von Struktur- anordnungen auf Wafern noch dichter geplant werden als es bisher bei konventionellen Techniken möglich war.
- 15 Als resultierende Strukturen gemäß der oben genannten Varianten können Trim-Öffnungen ohne Metallisierung oder mit durchgeätzter unterliegender leitfähiger Schicht, deren Rand elektrisch isoliert ist gegen eine Metallisierung der Kontaktlöcher/Vias, vorliegen.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Bildung eines Strukturelementes (41) in einer auf einem Wafer (30) angeordneten Schicht (40) mittels einer ersten Maske (10) und einer der ersten Maske (10) zugeordneten zweiten Trim-Maske (20), umfassend die Schritte:

- Bereitstellen des Wafers (30) mit der Schicht (40), der ersten Maske (10) und der zweiten Trim-Maske (20),
- Aufbringen einer ersten photoempfindlichen Lackschicht (50) auf die Schicht (40),
- Projizieren eines auf der ersten Maske (10) angeordneten ersten Maskenstrukturmusters in die erste Lackschicht (50) zur Bildung einer belichteten Lackstruktur (51), welche ein unbelichtetes Lackelement zumindest teilweise umgibt,
- Entwickeln der ersten Lackschicht (50) und Ätzen der unterliegenden Schicht mit einer Übertragung der belichteten Lackstruktur (51) in die unterliegende Schicht (40), so daß ein erhabenes Strukturelement (41) in der Schicht unterhalb des unbelichteten Lackelementes gebildet wird,
- Entfernen der ersten Lackschicht (50) und Aufbringen einer zweiten photoempfindlichen Lackschicht (60) auf die Schicht (40),
- Projizieren eines auf der zweiten Trim-Maske (20) angeordneten zweiten Maskenstrukturmusters in die zweite Lackschicht (60) zur Bildung einer weiteren belichteten Lackstruktur (61) in der zweiten Lackschicht (60), welche das erhabene Strukturelement (41) in der unterliegenden Schicht (40) zumindest teilweise überdeckt,
- Entwickeln der zweiten Lackschicht (60) und Ätzen der unterliegenden Schicht (40) mit einer Übertragung der weiteren belichteten Lackstruktur (61) in die unterliegende Schicht (40) und das erhabene Strukturelement (41).

2. Verfahren nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß

der Schritt des Projizierens des auf der ersten Maske (10) angeordneten ersten Maskenstrukturmusters mit einer alternierenden oder einer chromlosen Phasenmaske durchgeführt wird.

5 3. Verfahren nach den Ansprüchen 1 oder 2,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß  
der Schritt des Projizierens des auf der ersten Maske (10)  
angeordneten ersten Maskenstrukturmusters mit einer Chrom-  
oder Halbtonphasenmaske in Schrägbelichtung durchgeführt  
10 wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß  
das Strukturelement (41) in der Schicht (40) umfassend ein  
15 elektrisch leitfähiges Material gebildet wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß  
bei dem Schritt des Projizierens des auf der ersten Maske  
20 (10) angeordneten ersten Maskenstrukturmusters eine Anzahl  
von im wesentlichen parallel angeordneten erhabenen Metallei-  
terbahnen (41) gebildet wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß  
bei dem Schritt des Ätzens der unterliegenden Schicht (40)  
mit einer Übertragung der weiteren belichteten Lackstruktur  
(61) in die unterliegende Schicht (40) wenigstens eine der  
erhabenen, parallel angeordneten Metalleiterbahnen (41) in  
30 wenigstens zwei Strukturelemente getrennt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß  
- bei dem Schritt des Projizierens des auf der ersten Maske  
35 (10) angeordneten ersten Maskenstrukturmusters das erhabene  
Strukturelement in einem Teilbereich mittels eines auf der  
ersten Maske (10) eingerichteten Phasensprungs (15) zwi-

schen zwei aneinandergrenzenden transparenten Bereichen auf der ersten Maske (10) gebildet wird,

- der Teilbereich bei dem Schritt des Ätzens der unterliegenden Schicht mit einer Übertragung der weiteren belichteten Lackstruktur (61) in die unterliegenden Schicht (40) wieder entfernt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
zwischen dem Schritt des Entferns der ersten Lackschicht und dem Schritt des Aufbringens einer zweiten photoempfindlichen Lackschicht eine weitere Zwischenschicht (70) abgeschieden und lithographisch strukturiert wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
als Material der weiteren Zwischenschicht (70) ein elektrisch isolierendes Material verwendet wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 oder 9,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
bei der lithographischen Strukturierung der weiteren Zwischenschicht (70) das erhabene Strukturelement (41) unter der Zwischenschicht (70) durch Entfernen eines Teiles der Zwischenschicht (70) freigelegt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
bei dem Schritt des Projizierens eines auf der zweiten Trim-Maske (20) angeordneten zweiten Maskenstrukturmustern in die zweite Lackschicht (60) eine zusätzliche Lackstruktur in der zweiten Lackschicht belichtet wird, welche ausschließlich einen Bereich oberhalb der Zwischenschicht überdeckt, der nicht bei der lithographischen Strukturierung zuvor entfernt wurde.

12. Verfahren nach Anspruch 11,  
dadurch gekennzeichnet, daß

die zusätzliche Lackstruktur zur Bildung eines Kontaktloches in die Zwischenschicht übertragen wird, wobei das Kontaktloch in einem weiteren Schritt mit einem elektrisch leitenden Material verfüllt wird.

Zusammenfassung:

Verfahren zur Bildung eines Strukturelementes auf einem Wafer  
mittels einer Maske und einer ihr zugeordneten Trim-Maske

5

Bei einem Verfahren zur Bildung eines Strukturelementes (41)  
in einer auf einem Wafer (30) angeordneten Schicht mittels  
eines Trim-Maskensatzes wird zwischen den mittels der Masken  
durchgeführten Belichtungsschritten ein Entwicklungs- und ein  
10 Ätzschritt zur Übertragung der Strukturmuster durchgeführt.  
Somit werden unterhalb eines Grenzwertes für die Strukturbil-  
dung anbelichten Ränder um die mit einer ersten Maske (10)  
des Satzes belichteten Lackstrukturen (51) in einer ersten  
Lackschicht (50) maßhaltig in eine unterliegende Schicht (40)  
15 auf dem Wafer (30) übertragen. Erst danach erfolgt die das  
Muster der ersten Maske (10) nachbearbeitende Belichtung mit  
einer zweiten Maske (20) des Satzes, der Trim-Maske, in eine  
zweite, anschließend aufgebrachte zweite Lackschicht (60).  
Infolgedessen wird das bisher nachteilhafte zusätzliche Nach-  
20 belichten des von der ersten Maske (10) anbelichteten Randes  
durch die von der zweiten Maske (20) belichteten Lackstruktu-  
ren (61) mit einer Anhebung über den Grenzwert hinaus vermie-  
den. Ein besonderer Vorteil entsteht dadurch, wenn die Struk-  
turbildung durch die zweite Maske (20) mit derjenigen von  
5 Masken zur Bildung nachfolgender Strukturebenen auf dem Wafer  
(30) kombiniert wird.

Figur 5

Bezugszeichenliste:

	10	erste Maske
	15	Phasensprung auf chromloser oder alt. Phasenmaske
5	20	zweite Maske, Trim-Maske
	30	Wafer
	40	Schicht, angeordnet auf Wafer,
	41	Strukturelement, Leiterbahnen
	50	erste Lackschicht
10	51	belichtete Lackstruktur
	60	zweite Lackschicht
	61	belichtete Lackstruktur
	70	Zwischenschicht

Fig. 1

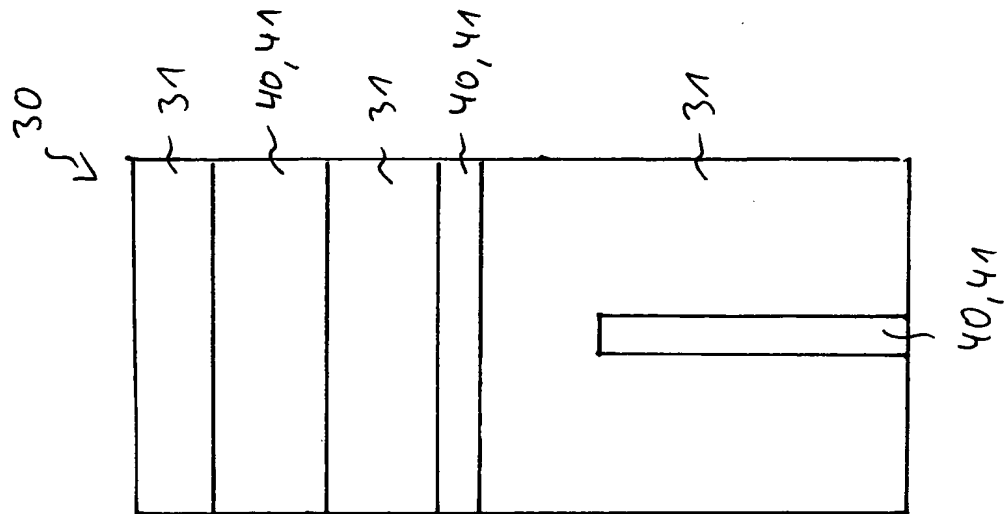
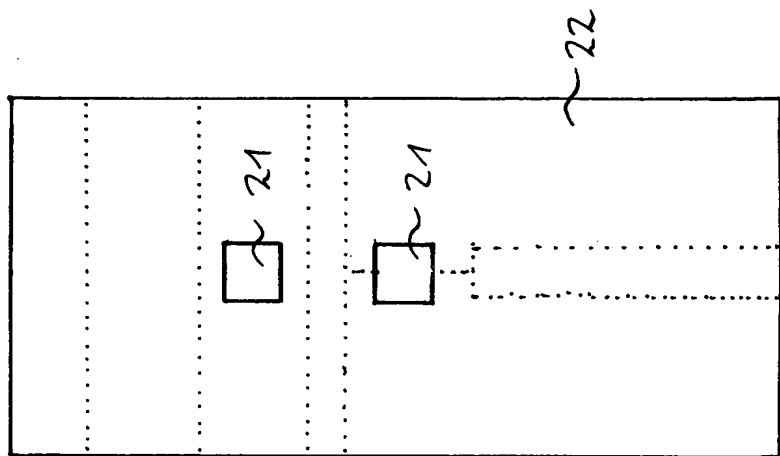
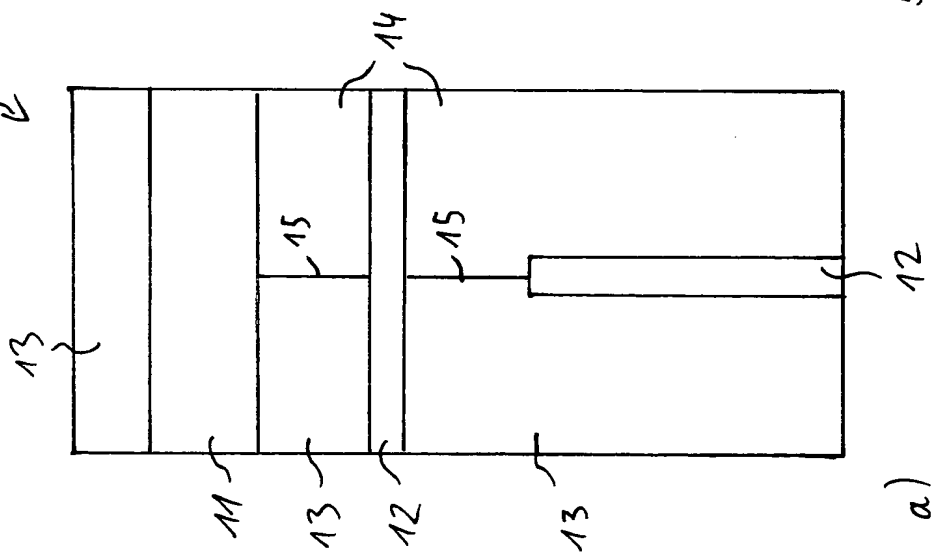


Fig. 2

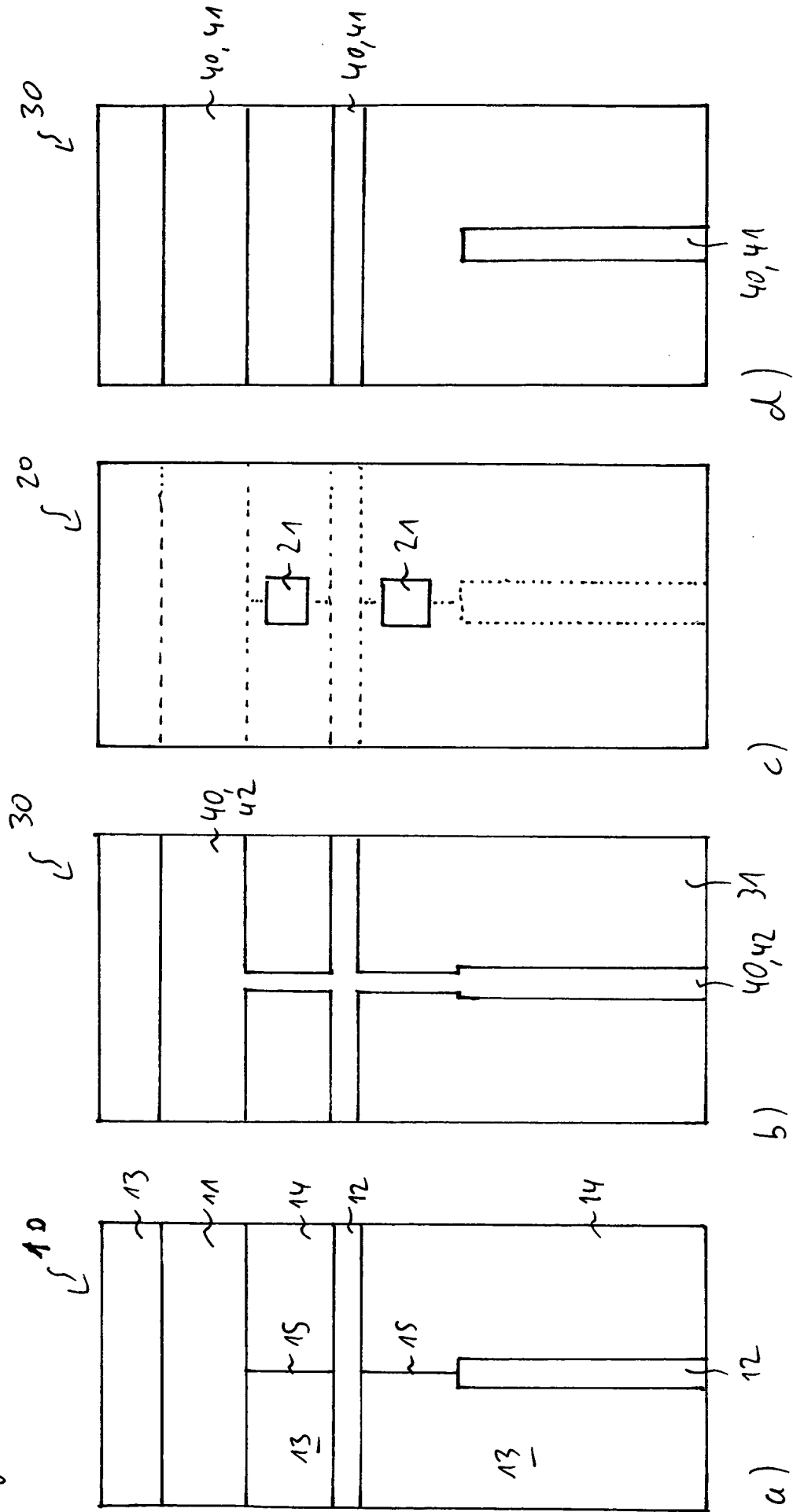




Fig. 4

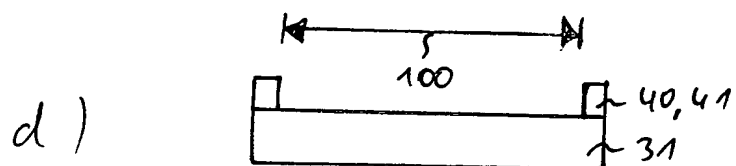
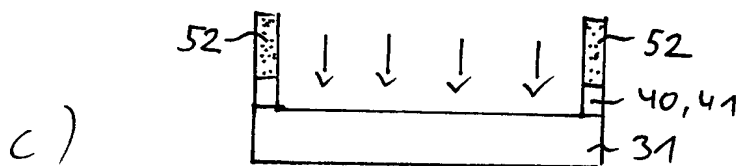
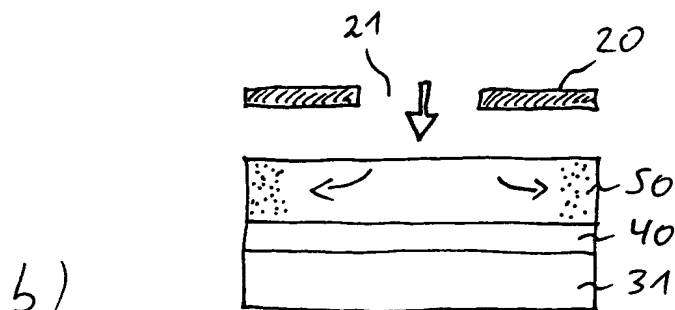
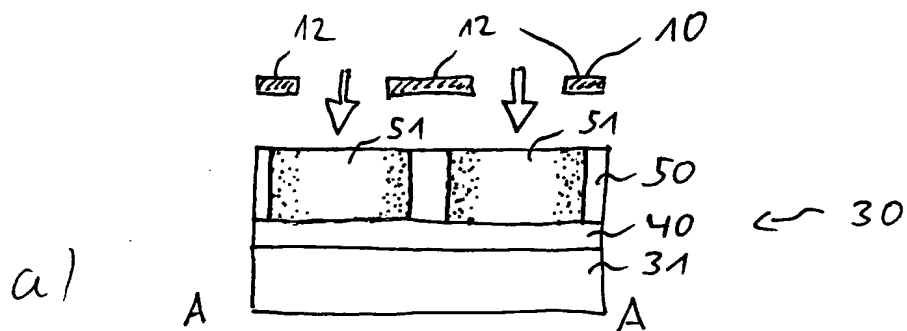


Fig. 5

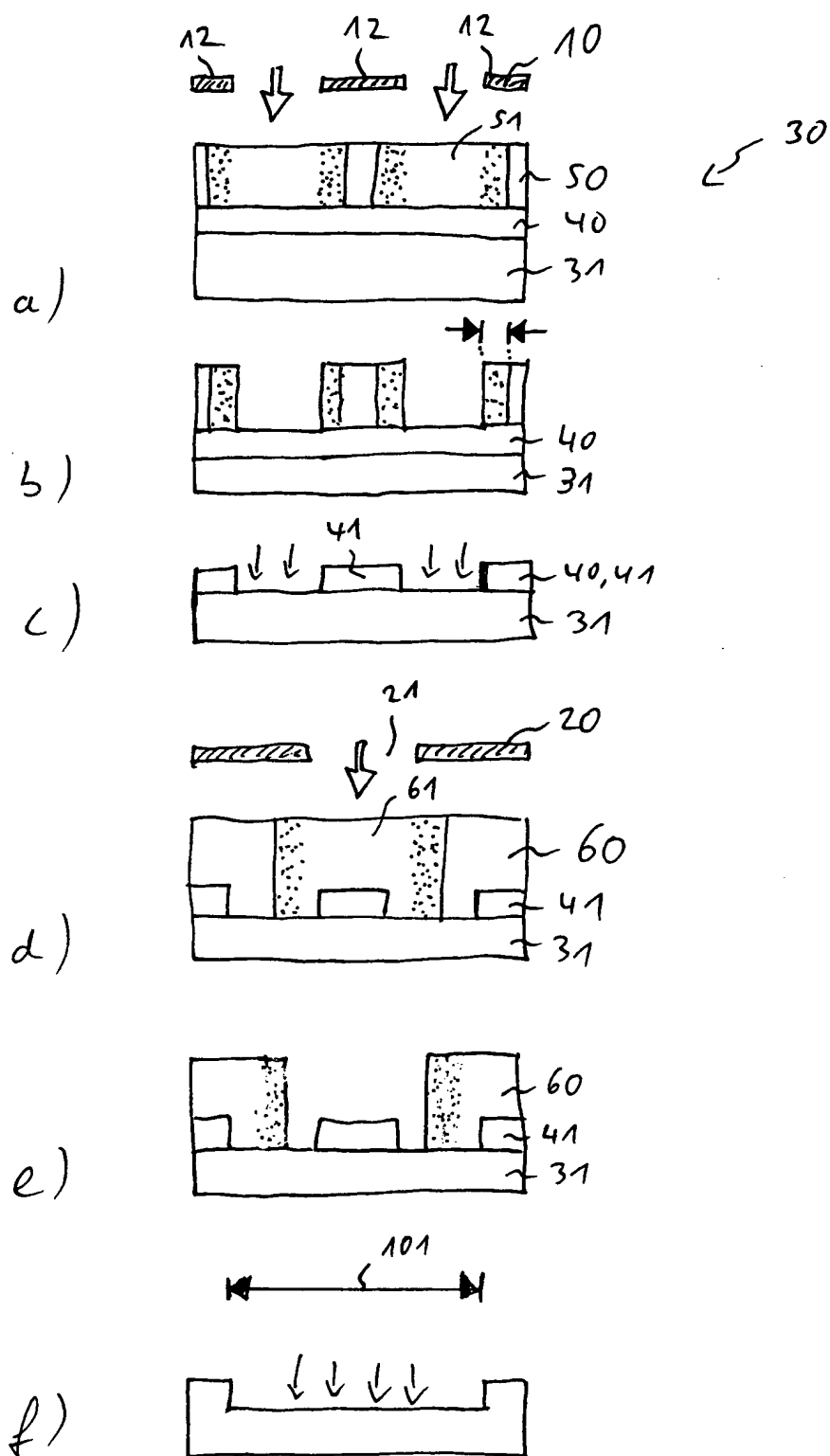
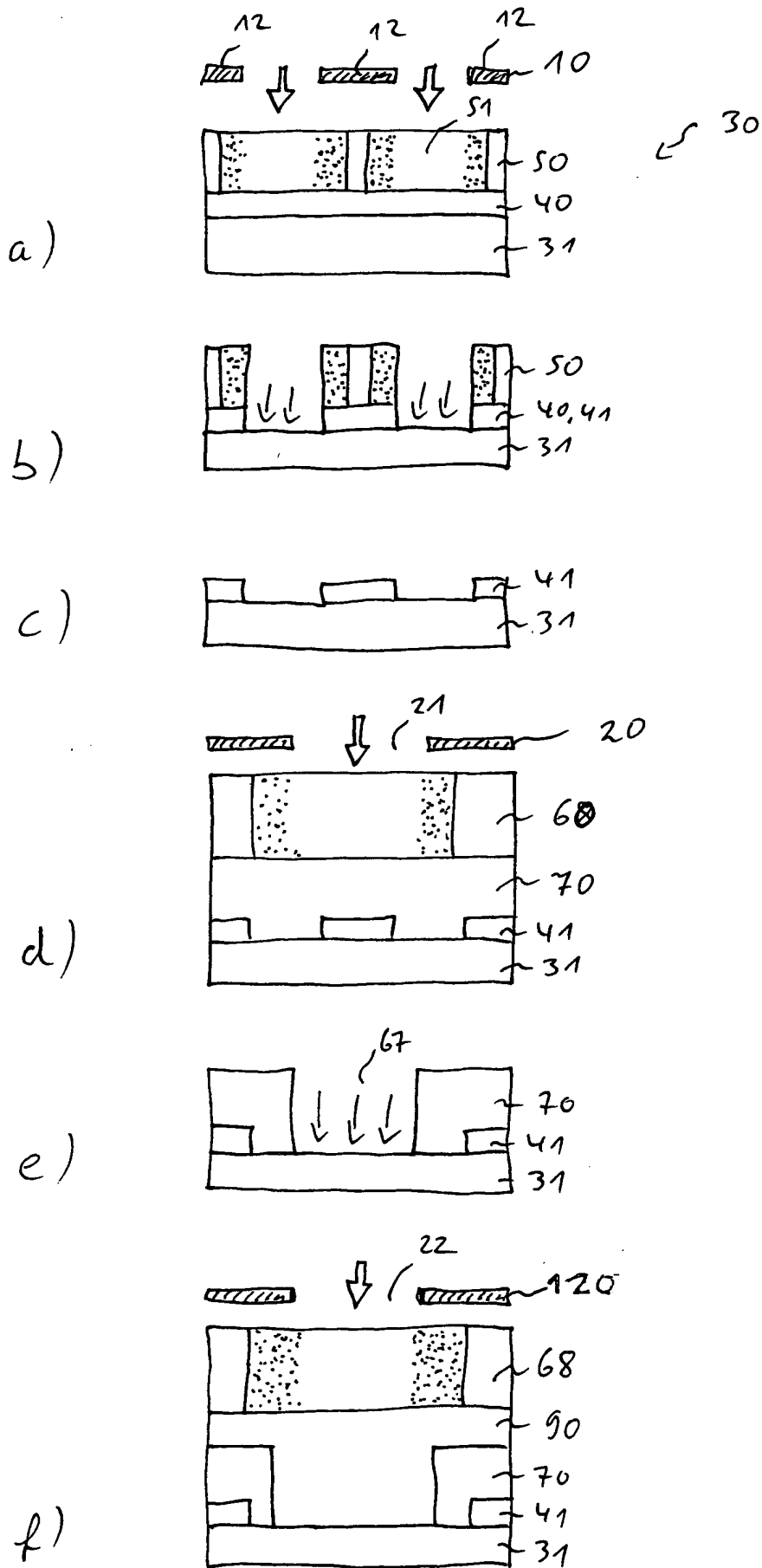


Fig. 6

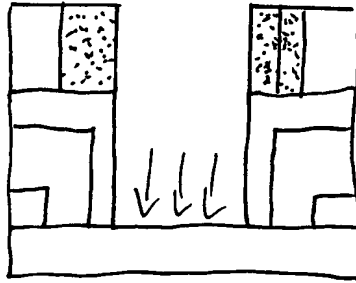


P2002, 1101

718

Fig. 6 Fortsetzung

g)



h)

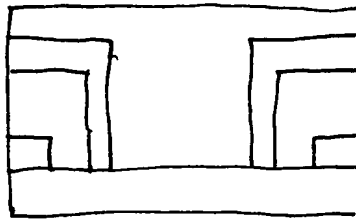
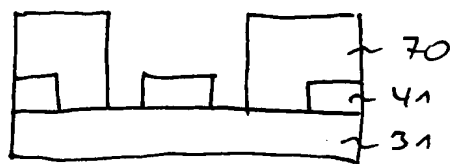


Fig. 7

a)



b)

